




## Impact jointless multi-blade rotor for helicopter

**Patent number:** DE19701403  
**Publication date:** 1998-02-26  
**Inventor:** BANSEMIR HORST DR (DE)  
**Applicant:** EUROCOPTER DEUTSCHLAND (DE)  
**Classification:**  
- international: B64C27/33; B64C27/35  
- european: B64C27/32; B64C27/33  
**Application number:** DE19971001403 19970117  
**Priority number(s):** DE19971001403 19970117

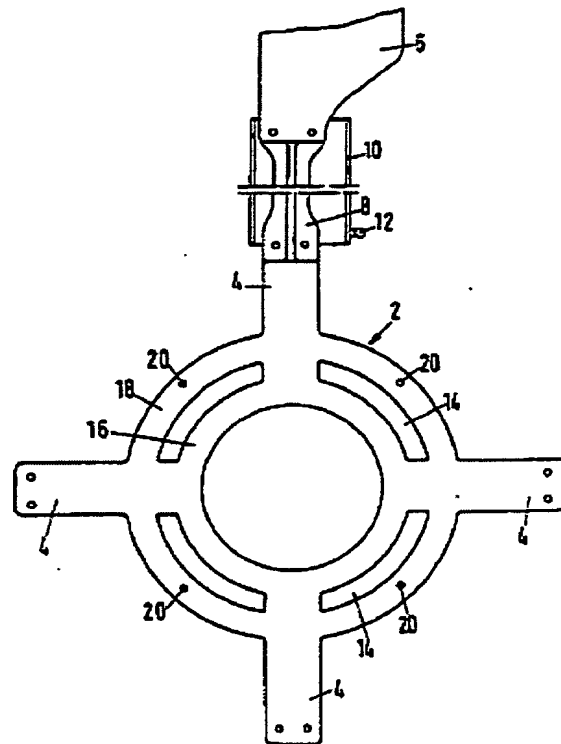
Also published as:

 US6039538 (A1)  
 JP10218098 (A)  
 FR2758524 (A1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19701403

The rotor comprises a rotor head plate (2) of fibre compound material rigidly fixed on a rotor mast and with pliable elastic blade connecting arms (4) in impact direction. The rotor head plate comprises at least one plate segment (16,18) tensioning the blade connecting arms plially elastically on both sides in the impact direction with radial distance from the rotor centre. The plate segment is provided with fixture positions (20) on the rotor mast side displaced to the blade connecting arms in the rotor peripheral direction. The rotor head plate is divided into several plate segments radially spaced apart in relation to the rotor centre. The radial inner plate segment (16) is formed as a closed, plially elastic fibre compound plate part.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 197 01 403 C 1

⑤1 Int. Cl. 6:  
B 64 C 27/33  
B 64 C 27/35

②1 Aktenzeichen: 197 01 403.8-22  
②2 Anmeldetag: 17. 1. 97  
④3 Offenlegungstag: —  
④6 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 26. 2. 98

D 2

DE 197 01 403 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Eurocopter Deutschland GmbH, 80993 München, DE

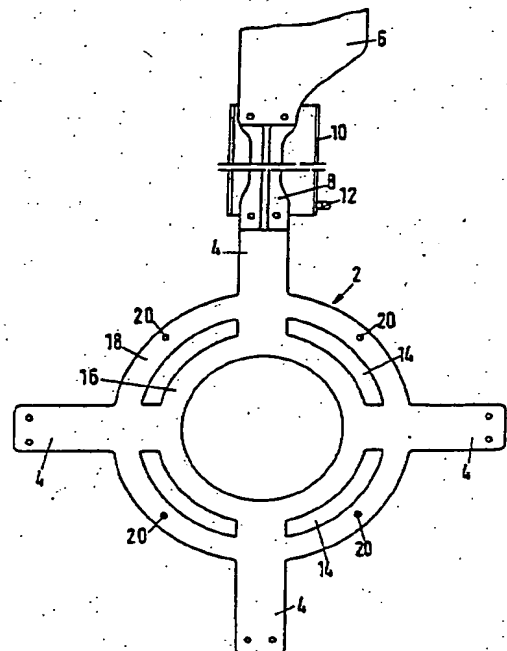
⑦2 Erfinder:  
Bansemir, Horst, Dr., 81825 München, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

US 52 63 821  
US 44 27 340  
EP 04 96 695 A2  
WO 87 04 402

⑤4 Mehrblattrotor für ein Drehflügelflugzeug

⑤7 Bei einem schlaggelenklosen Mehrblattrotor für ein Drehflügelflugzeug, mit einer steif mit dem Rotormast verbundenen, mit in Schlagrichtung biegeelastischen Blattanschlüßarmen (4) versehenen Rotorkopfplatte (2) aus Faserverbundwerkstoff wird die Rotorkopfplatte erfindungsgemäß zusätzlich zu den Blattanschlüßarmen in Schlagrichtung flexibel gestaltet und der Abstand der fiktiven Schlaggelenke von der Rotormitte dadurch auf ein erwünschtes Maß, nämlich etwa 5% des Rotorradius, reduziert, daß die Rotorkopfplatte aus mindestens einem die Blattanschlüßarme mit radialem Abstand von der Rotormitte beidseitig in Schlagrichtung biegeelastisch einspannenden Plattensegment (16, 18) besteht und dieses mit in Rotorumfangsrichtung zu den Blattanschlüßarmen versetzten, mastseitigen Befestigungsstellen (20) versehen ist.



DE 197 01 403 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen schlaggelenklosen Mehrblattrotor für ein Drehflügelflugzeug, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Schlaggelenklose Rotoren dieser Art, wie sie etwa aus der US 5 263 821 bekannt sind, enthalten ein zentrales, starr mit dem Rotormast verbundenes Plattenteil hoher Steifigkeit aus Faserverbundwerkstoff, welches mit einstückig angeformten, radial nach außen sich erstreckenden Blattanschlußarmen versehen ist, die die fiktiven Schlaggelenke bilden und dementsprechend biegeelastisch ausgebildet sein müssen. Damit die Blattanschlußarme den hohen Biegemoment- sowie Quer- und Fliehkraftbelastungen während des Betriebs sicher standhalten, müssen sie eine große Biegelänge besitzen, mit der Folge, daß die fiktiven Schlaggelenke relativ weit von der Rotormitte, nämlich mit einem Abstand von etwa 10% des Rotorradius, entfernt liegen und dadurch während des Flugs höchst störende Vibrationserscheinungen am Hubschrauber auftreten.

Ferner ist es aus der WO 87/04 402 oder der US 4 568 244 bekannt, die Blattanschlußarme getrennt von der steifen Rotorkopfplatte auszubilden und an dieser z. B. über rotorachsnähe Elastomerlager schlagwinkelbeweglich abzustützen. Hierdurch lassen sich zwar die Schlaggelenkabstände von der Rotormitte auf ein erwünschtes Maß, nämlich etwa 5% des Rotorradius, reduzieren und dadurch störende Vibrationserscheinungen von Seiten des Rotors weitgehend unterdrücken, jedoch ist ein derartiger Blattanschluß konstruktiv sehr aufwendig und/oder verschleißanfällig, so daß derartige Rotoren der Forderung nach einer robusten und wartungsarmen Bauweise nur in begrenztem Umfang nachkommen.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Mehrblattrotor der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die Blattanschlußarme auf baulich einfache und lastsichere Weise ohne Zwischenschaltung schlagwinkelbeweglicher Lagerstellen an der Rotorkopfplatte angeordnet sind und dennoch der Abstand der fiktiven Schlaggelenke von der Rotormitte sehr klein gehalten wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den im Patentanspruch 1 gekennzeichneten Mehrblattrotor gelöst.

Aufbauend auf dem Konzept einer flexiblen Rotorkopfplatte werden erfindungsgemäß die seitlich an die Blattanschlußarme angrenzenden Plattenbereiche in die Schlagbiegeverformung der Blattanschlußarme einbezogen und dadurch die radiale Biegelänge der Blattanschlußarme um die zirkumferentielle Verformungslänge der Plattensegmente vergrößert, so daß die fiktiven Schlaggelenkbereiche ohne Beeinträchtigung der Lastfestigkeit wesentlich näher an die Rotormitte, nämlich mit einem Abstand von etwa 5% des Rotorradius, gerückt werden kann und somit ein ähnlich günstiges Vibrationsverhalten wie bei den bekannten Rotoren mit getrennt von der Rotorkopfplatte schlagwinkelbeweglichen Blattanschlußarmen, aber auf konstruktiv erheblich einfachere und vor allem funktionssicherere Weise erzielt wird.

Aus Gründen einer konstruktiven Redundanz der zirkumferentiellen Verformungszonen der Rotorkopfplatte ist diese gemäß Anspruch 2 in besonders bevorzugter Weise in mehrere, bezüglich der Rotormitte radial voneinander beabstandete Plattensegmente unterteilt. In diesem Fall ist das innere Plattensegment im Hinblick auf eine last- und flexibilitäts günstige Gestal-

tung nach Anspruch 3 vorzugsweise als durchgehend geschlossenes, die Blattanschlußarme radial zur Rotormitte biegeelastisch miteinander verbindendes Faserverbund-Plattenteil ausgebildet.

Während die in Schwenkrichtung wirksamen Dämpfer bei einem Hubschrauberrotor im allgemeinen außerhalb der Rotorkopfplatte angeordnet werden müssen, läßt sich bei dem erfindungsgemäßen Rotor eine besonders einbaugünstige Unterbringung der Schwenkdämpfer im Innenbereich der Rotorkopfplatte dadurch erzielen, daß die Schwenkdämpfer jeweils zwischen einem der Plattensegmente und den Blattanschlußarmen angeordnet werden. In diesem Fall besitzt das Plattensegment gemäß Anspruch 5 vorzugsweise zwei in Rotorachsrichtung übereinander liegende, den zugehörigen Blattanschlußarm beidseitig jeweils unter Zwischenlage eines Elastomerdämpfers übergreifende Segmentabschnitte, wodurch eine hochwirksame Schwenkdämpfung und in Schlagrichtung lastsichere Anbindung zwischen Blattanschlußarm und Plattensegment erreicht wird.

Zur Erhöhung der Schlagelastizität der Blattanschlußarme werden die Plattensegmente biegeelastisch und/oder um eine zur Schlagebene senkrechte Achse drillelastisch gestaltet. Bei drillelastischer Gestaltung sind die Plattensegmente gemäß Anspruch 6 zweckmäßigerweise in der Rotordrehebene und hierzu senkrecht querkraftsteif ausgebildet, wodurch eine weitgehend verformungsstabile Übertragung der von Seiten der Rotorblätter einwirkenden, hohen Querlasten von den Blattanschlußarmen an die mastseitigen Befestigungsstellen sichergestellt wird.

Aus Herstellungs- und vor allem Festigkeitsgründen empfiehlt es sich gemäß Anspruch 7, mindestens ein Plattensegment mit einstückig durchlaufender Fasernstruktur an die Blattanschlußarme anzuformen.

Zusätzlich zur Querschnittsgeometrie läßt sich auch die Flächenform der Plattensegmente je nach dem geforderten Elastizitätsverhalten weitgehend variabel gestalten. Im einfachsten Fall wird, wie nach Anspruch 8 bevorzugt, eine konzentrisch zur Rotormitte ringförmige Plattensegmentform gewählt. Eine besonders last- und faserverbundgerechte Formgebung wird nach Anspruch 9 dadurch erreicht, daß das bzw. die Plattensegment(e) entsprechend der Anzahl der Rotorblätter polynomförmig mit den mastseitigen Befestigungsstellen an den Eckpunkten und den Blattanschlußarmen etwa in der Mitte der Polynomseiten angeordnet ist bzw. sind.

Nach Anspruch 10 schließlich wird als Faserverbundwerkstoff für die Rotorkopfplatte einschließlich der Blattanschlußarme im Hinblick auf die günstigen Werkstoffeigenschaften zweckmäßigerweise ein Carbon-Faserverbund verwendet.

Die Erfindung wird nunmehr anhand mehrerer Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen in stark schematisierter Darstellung:

Fig. 1 einen Vierblattrotor mit einer flexiblen Rotorkopfplatte und einstückig angeformten Blattanschlußarmen in Faserverbundbauweise in der Aufsicht;

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform einer flexibel gestalteten Rotorkopfplatte mit integrierten Schwenkdämpfern;

Fig. 3 einen schematischen Schnitt längs der Linie III-III der Fig. 2;

Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vierblatt-Rotorkopfplatte, bestehend aus einem einzigen flexiblen, die Blattanschlußarme integral miteinander

verbindenden Plattensegment; und

Fig. 5 einen Schnitt längs der Linie V-V der Fig. 4.

Der in Fig. 1 dargestellte Vierblattrotor enthält eine flexible Rotorkopfplatte 2 aus Faserverbundwerkstoff mit einstückig angeformten Blattanschlußarmen 4, an die die Rotorblätter 6 (von denen nur eines in Fig. 1 dargestellt ist) über drill- und schwenkelastische Zwischenelemente 8 angeschlossen sind, wobei die Verdrehung der Zwischenelemente 8 zum Zwecke der Blattwinkelverstellung in üblicher Weise mit Hilfe einer blattwurzelseitig am Rotorblatt 6 befestigten Steuerhülse 10 mit einem Steuerhorn 12 zur Einleitung der Blattwinkelverstellkommandos erfolgt.

Zur Bildung der fiktiven Schlaggelenke sind die Blattanschlußarme 4 schlagbiegeelastisch ausgebildet und die Rotorkopfplatte 2 ist durch kreisbogenförmige Schlitze 14 in ein radial inneres und ein radial äußeres, zur Rotormitte konzentrisches Plattensegment 16 bzw. 18 unterteilt, durch welche die Blattanschlußarme 4 in Rotorumfangsrichtung miteinander verbunden werden, wobei die rotormastseitigen Befestigungsstellen 20 der Rotorkopfplatte 2 am äußeren Plattensegment 18 in Rotorumfangsrichtung versetzt zu den Blattanschlußarmen 4, nämlich etwa in der Mitte zwischen diesen, angeordnet sind, so daß die Schlagbiegebewegung der Rotorblätter 6 nicht allein durch eine biegeelastische Verformung der sich radial erstreckenden Blattanschlußarme 4 bewirkt wird, sondern sich in einer zirkumferentiellen Verformung der Plattensegmente 16, 18 bis hin zu den mastseitigen Befestigungsstellen 20 fortsetzt. Auf diese Weise gelingt es, die fiktiven Schlaggelenke sehr nahe, nämlich bis auf etwa 5% des Rotorradius, an die Rotormitte heranzurücken und dennoch die Rotorkopfplatte 2 einschließlich der Blattanschlußarme 4 als einstückige, integrale Faserverbundstruktur hoher Festigkeit auszubilden. Für den Faserverbund wird zweckmäßigerweise ein Carbon-Faserverbundwerkstoff mit einem multiaxialen Faserlagenaufbau gewählt, wie dies in Fig. 1 durch die in unterschiedlichen Richtungen schraffierten Plattenbereiche angedeutet ist.

Der Rotor nach den Fig. 2 und 3, wo die dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechenden Strukturelemente durch ein um 100 erhöhtes Bezugszeichen gekennzeichnet sind, unterscheidet sich von diesem in erster Linie durch eine andere Formgebung und Querschnittsgeometrie der Plattensegmente 116, 118 sowie durch die Einbeziehung einer Schwenkdämpfung in die flexible Rotorkopfplatte 102. Bei diesem Ausführungsbeispiel bilden die Plattensegmente 116 und 118 in der Aufsicht nach Fig. 2 zueinander und zur Rotormitte konzentrische Rechtecke, an denen die Blattanschlußarme 104 etwa in der Mitte der Rechteckseiten angeordnet sind, wobei die mastseitigen Befestigungsstellen 120 an den Eckpunkten des äußeren Plattensegments 118 liegen. Der Rotormast 122 besitzt einen sternförmigen Querschnitt und endet — wie im übrigen auch beim ersten Ausführungsbeispiel — kurz unterhalb der Rotorkopfplatte 102, um den für die elastische Verformung der Rotorkopfplatte 102 erforderlichen Freiraum zu schaffen. Zwischen den Blattanschlußarmen 104 und den Befestigungsstellen 120 ist das äußere Plattensegment 118 drillweich, aber in der Rotordrehebene und hierzu senkrecht querkräftsteif ausgebildet, wie dies in Fig. 3 durch die kreuzförmige Querschnittsgeometrie des Plattensegments 118 angedeutet ist.

Das innere Plattensegment 116 besteht in diesem Fall aus einem oberen und einem unteren, fest miteinander verbundenen Plattenteil 124 und 126, die die Blattan-

schlußarme 104 am inneren Ende auf der Ober- und Unterseite jeweils unter Zwischenlage eines in Schwenkrichtung wirksamen Elastomerdämpfers 128 übergreifen, welcher aus einer Vielzahl von abwechselnd übereinander liegenden Elastomer- und steifen Zwischenschichten besteht. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel werden die fiktiven Schlaggelenke nicht allein durch die Schlagbiegeelastizität der Blattanschlußarme 104, sondern zusätzlich durch die bei einer Schlagbewegung der Rotorblätter verursachte, elastische Verformung der Plattensegmente 116, 118 gebildet.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 4 und 5, wo die dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechenden Strukturteile durch ein um 200 erhöhtes Bezugszeichen gekennzeichnet sind, besteht die flexible Rotorkopfplatte 202 aus einem einzigen, konzentrisch zur Rotormitte ringförmigen Plattensegment 216, an das die Blattanschlußarme 204 mit einstückig durchgehender Faserstruktur angeformt sind. Das Plattensegment 216 ist wiederum über in Rotorumfangsrichtung etwa mittig zwischen den Blattanschlußarmen 204 liegende Befestigungsstellen 220 unter Zwischenlage von Distanzstücken 230 (Fig. 5) steif mit dem oberen Ende des Rotormastes 222 verbunden. Außerdem sind die Blattanschlußarme 204 an ihren radial inneren Enden über Befestigungsstellen 232 an den Rotormast 222 angeschlossen. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird wiederum der schlagelastische Rotorblattanschluß zusätzlich zur Schlagelastizität der Blattanschlußarme 204 durch eine elastische Verformung des Plattensegments 216 zwischen Blattanschlußarm 204 und mastseitiger Befestigungsstelle 220 bewirkt und dadurch eine rotorachsnahe Positionierung der fiktiven Schlaggelenke mit einem Abstand von etwa 5% des Rotorradius ermöglicht.

Anstelle eines Vierblattanschlusses kann der erfindungsgemäße Mehrblattrotor auch eine andere, gerade oder ungerade Rotorblatt-Anzahl aufweisen. Ferner sind Formgebung und Querschnittsgeometrie der Plattensegmente nicht auf die beschriebenen Kreis- oder Rechteckform bzw. den kreuz- oder rechteckförmigen Querschnitt beschränkt, sondern lassen sich je nach den Festigkeits- und Elastizitätsanforderungen der flexiblen Plattensegmente unterschiedlich gestalten. Im Rahmen der Erfindung ist es weiterhin möglich, das innere Plattensegment anstatt mit einer zentralen Öffnung als durchgehend geschlossenes, flexibles Faserverbund-Plattenteil

auszubilden. Die Befestigungsstellen sind örtlich begrenzte Gebiete in denen die Rotorkopfplatte über ein oder auch mehrere Verbindungselemente steif am Rotormast befestigt ist.

#### Patentansprüche

1. Schlaggelenkloser Mehrblattrotor für ein Drehflügelflugzeug, mit einer steif am Rotormast befestigten, mit in Schlagrichtung biegeelastischen Blattanschlußarmen versehenen Rotorkopfplatte aus Faserverbundwerkstoff, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotorkopfplatte (2; 102; 202) aus mindestens einem die Blattanschlußarme (4; 104; 204) mit radialem Abstand von der Rotormitte beidseitig in Schlagrichtung biegeelastisch einspannenden Plattensegment (16, 18; 116, 118; 216) besteht und dieses mit in Rotorumfangsrichtung zu den Blattanschlußarmen versetzten, rotormastseitigen Befestigungsstellen (20; 120; 220) versehen ist.
2. Mehrblattrotor nach Anspruch 1, dadurch ge-

d.h. am  
blattanschl.  
arm

kennzeichnet, daß die Rotorkopfplatte (2; 102) in mehrere, bezüglich der Rotormitte radial voneinander beabstandete Plattensegmente (16, 18; 116, 118) unterteilt ist.

3. Mehrblattrotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das radial innere Plattensegment (16; 116) als durchgehend geschlossenes, biegeelastisches Faserverbund-Plattenteil ausgebildet ist.

4. Mehrblattrotor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Blattanschlußarme (104) jeweils unter Zwischenschaltung eines Schwenkdämpfers (128) an eines der Plattensegmente (116) angeschlossen sind.

5. Mehrblattrotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Plattensegment (116) zwei in Rotorachsrichtung übereinander liegende, den zugehörigen Blattanschlußarm (104) beidseitig jeweils unter Zwischenlage eines Elastomerdämpfers (128) übergreifende Segmentabschnitte (124, 126) enthält.

6. Mehrblattrotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Plattensegment (118) drillweich, aber in der Rotordreheebene und hierzu senkrecht querkraftsteif ausgebildet ist.

7. Mehrblattrotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Plattensegment (16, 18; 118; 216) mit einstückig durchlaufender Faserstruktur an die Blattanschlußarme (4; 104; 204) angeformt ist.

8. Mehrblattrotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Plattensegmente (16, 18; 116, 118; 216) ringförmig konzentrisch zur Rotormitte verlaufen.

9. Mehrblattrotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Plattensegmente (116, 118) entsprechend der Anzahl der Rotorblätter polynomförmig mit den mastseitigen Befestigungsstellen (120) an den Eckpunkten und den Blattanschlußarmen (104) in der Mitte der Polynomseiten gestaltet sind.

10. Mehrblattrotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Faserverbundwerkstoff ein Carbon-Faserverbund vorgesehen ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig.1

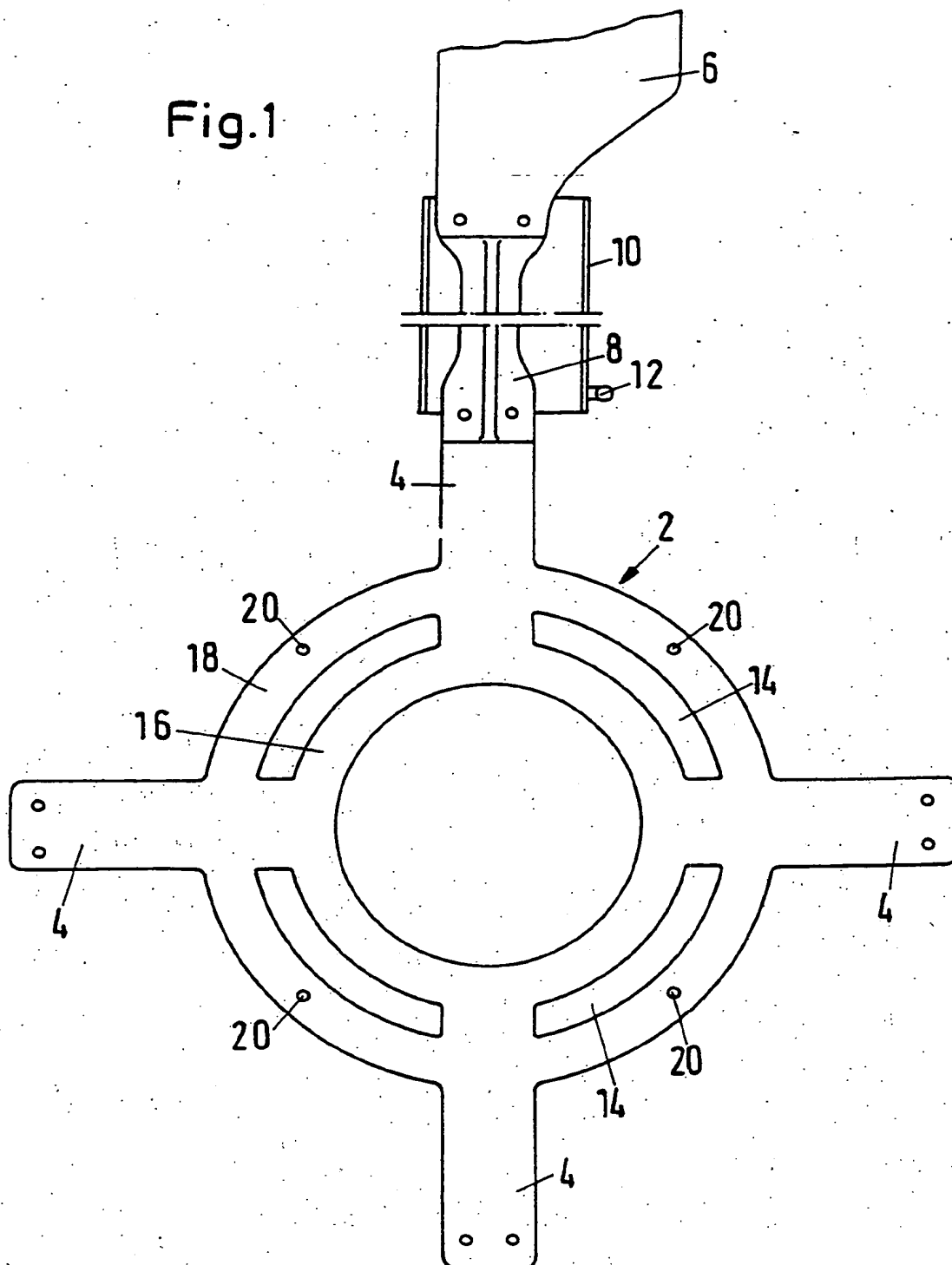


Fig. 2

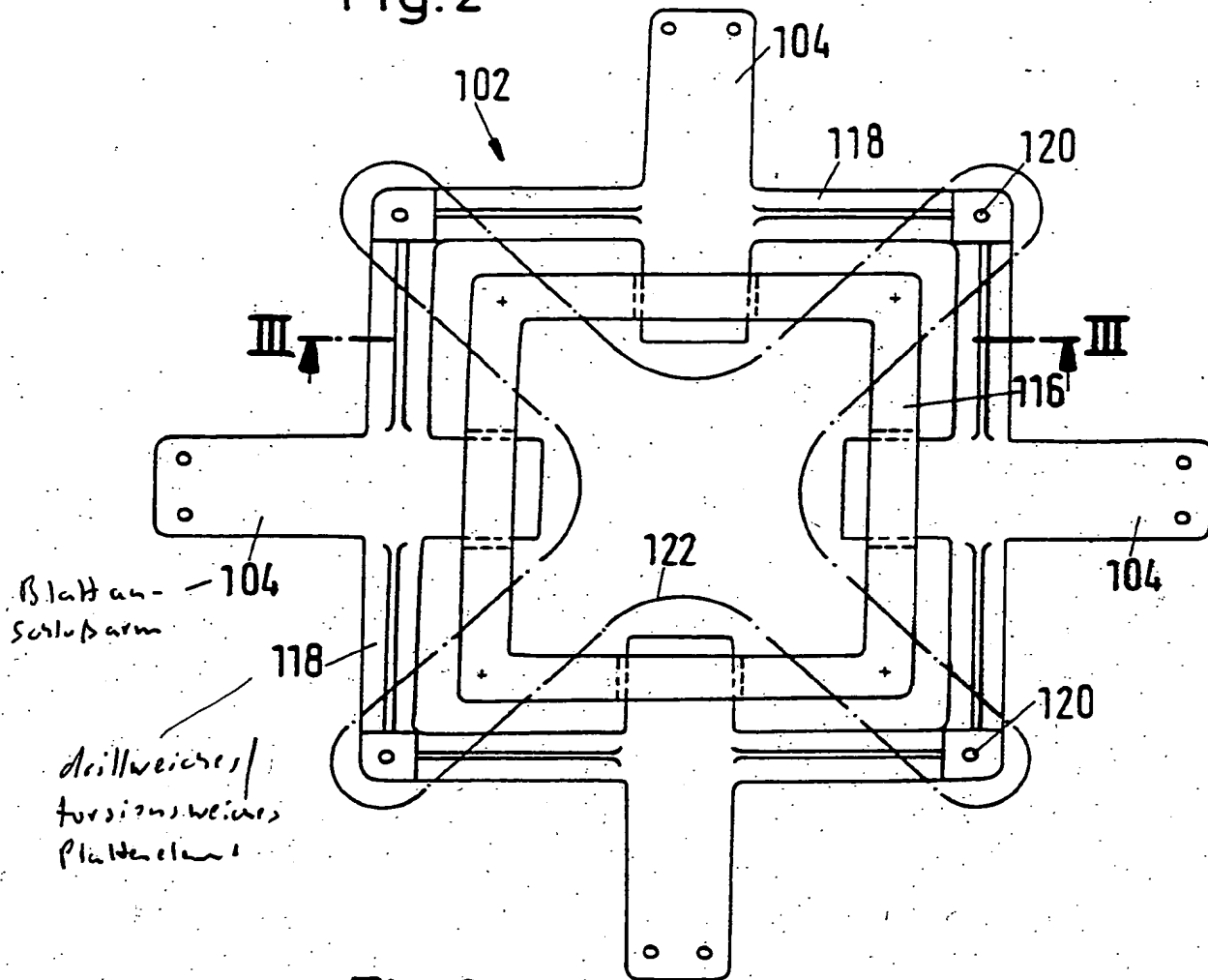


Fig. 3

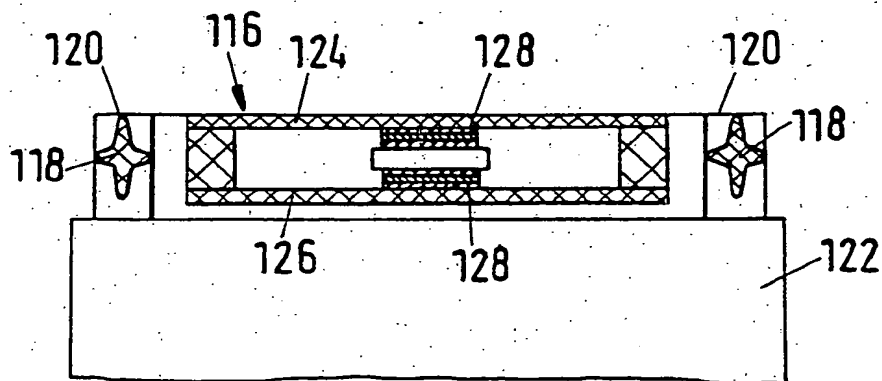




Fig.4

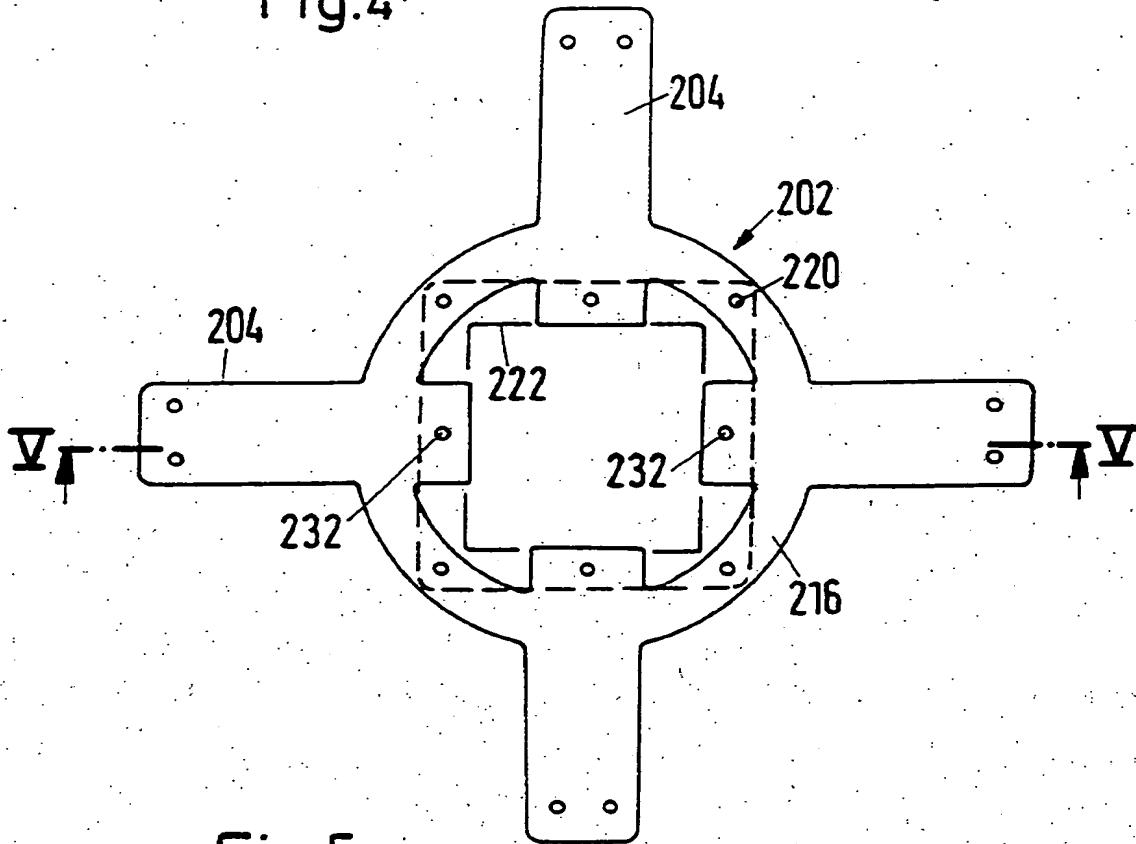


Fig.5

